

THESIS

MUNICH

1966

LANE MEDICAL LIBRARY
STANFORD UNIVERSITY
500 PASTEUR DRIVE
PALO ALTO, CALIF.

EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN
ZUR FEHLERMÖGLICHKEIT BEI DER BESTIMMUNG
DER WASSERAUFNAHME DER HAUT NACH DER
DIFFERENZMETHODE UND DEREN DEUTUNG
ALS SPREITEFFEKT

Dorothea Poiesz



Digitized by the Internet Archive
in 2026

EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN
ZUR FEHLERMÖGLICHKEIT BEI DER BESTIMMUNG
DER WASSERAUFNAHME DER HAUT NACH DER
DIFFERENZMETHODE UND DEREN DEUTUNG
ALS SPREITEFFEKT

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfaßt und
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Dorothea Poiesz
aus Steinheim/Westf.

München 1966

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Priv. Doz. Dr. H. DREXEL

Mitberichterstatter: Professor Dr. H. v. BRAUNBEHRENS

Dekan: Professor Dr. R. ZENKER

Tag der mündlichen Prüfung: 8.3.1966

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
I. LITERATURÜBERSICHT ÜBER DEN MECHANISMUS DER WASSERAUFNAHME DURCH DIE MENSCHLICHE HAUT	5
Die anatomisch-strukturelle Eigenschaft der Haut	
Nomenklatur über die Definition der einzelnen Begriffe für den Prozeß der Wasseraufnahme	
Die Benetzbarkeit der Haut	
Die Quellung der Haut	
Die Diffusionsvorgänge des Wassers durch die Haut	
Wege für die Resorptionsvorgänge	
II. ÜBERLEGUNGEN ZUR THEMASTELLUNG	11
III. VERSUCHSANORDNUNG	12
IV. VERSUCHSERGEBNISSE DER ERSTEN VERSUCHSREIHE	16
V. VERSUCHSERGEBNISSE DER ZWEITEN VERSUCHSREIHE	18
VI. DISKUSSION	20
Über eigene Versuchsergebnisse	
Berechnung der Druckänderung im Versuchsgefäß unter theoretisch angenommenen Bedingungen	
Versuche zur Bestätigung der Berechnung	
Persönliche Unterschiede bei der Wasserpermeation für einzelne Versuchspersonen	
VII. LITERATURVERZEICHNIS	26

LITERATURÜBERSICHT ÜBER DEN MECHANISMUS DER WASSERAUFNAHME DURCH DIE MENSCHLICHE HAUT

Obwohl schon seit langer Zeit Balneotherapie betrieben wird, und man annehmen konnte, daß mit den therapeutisch wirksamen Substanzen auch das Wasser selbst in die Haut bzw. durch die Haut in den Organismus aufgenommen wird, konnte der Beweis für diese Behauptung erst in den letzten Jahren erbracht werden durch die Anwendung von schwerem Wasser (Deuteriumoxyd) bzw. radioaktiv markiertem Wasser.

Dabei ergab sich, daß Wasser sowohl aus einem Bade wie aus dampfgesättigter Luft in etwa gleichem Ausmaß durch die Haut in das Körperinnere übertreten kann. Diese Passage von außen nach innen ist nichts anderes als die Umkehrung des entgegengesetzt gerichteten Flüssigkeitsstromes, der "perspiratio insensibilis". Beide Transportrichtungen stehen zueinander in einem Gleichgewichtsverhältnis, das in trockener Luft in Richtung verstärkter Wasserabgabe, bei sehr hoher relativer Luftfeuchtigkeit - nach Buettner und Holmes oberhalb 86 % - und im Bade dagegen zugunsten erhöhter Wasseraufnahme verschoben ist. - Verwendet man radioaktiv markiertes Wasser zum Bade, dann läßt es sich bereits 10 Minuten nach dem Bade im Harn nachweisen. Dieser Übertritt in den Ham kann als Zeichen der perkutanen Wasseraufnahme gewertet werden. (1)

Die genauere Untersuchung dieses Vorganges hat einen sehr komplexen Mechanismus aufgedeckt, der in folgenden Abschnitten näher gedeutet werden soll.

Eine wichtige Voraussetzung für die perkutane Wasseraufnahme stellt die anatomisch-strukturelle Eigenschaft der Haut dar.

Die Hornschicht läßt sich strukturell wie auch funktionell in zwei Schichten trennen: das Stratum corneum disjunctum und das Stratum corneum conjunctum. (2)

Das Str. corneum disjunctum wird im Gegensatz zum Str. corneum conjunctum nicht von zusammenhängenden Zellschichten gebildet, sondern von Inselchen, die aus mehreren Zellgruppen bestehen, untereinander aber kaum noch feste strukturelle Bindungen besitzen. Es stellt ein aufgelockertes schuppiges Substrat dar.

Das Str. corneum conjunctum ist eine 10 - 20 μ dicke Membran, die aus 2 bis 3 Hornzellagen des frisch verhornten Epidermisanteils besteht, lückenlos auf dem Str. granulosum ausgebreitet liegt, scharf gegen diese Zellschicht abgegrenzt ist und den Körper nach außen hin als sog. "Barriere" abgrenzt. Sie begrenzt die Permeabilität der Epidermis für Wasser in beiden Richtungen. (3) Unter dem Phasenkontrastmikroskop lassen sich nach Szakall keine Zellgrenzen erkennen, sodaß es sich nach seiner Meinung um eine lückenlos geschlossene, optisch homogene Membran handelt, die jedoch Falten bildet, die mit einander in Verbindung stehen. In diesem Faltensystem dürfte man Wege erblicken, die die Hin- und Herbewegung von Wasser, Lösungen, Emulsionen und Lipoiden ermöglicht. Nach Unna (4) verschmelzen benachbarte Zellen ohne Kittsubstanz mit ihren verhornten Membranen. Durch Einwirkung von NaOH-Lösungen lassen sich diese Zellmembranen, die mit

Tonofibrillen identisch sind, als ein Netzwerk isolieren. Durch diese Hornmembranen ist nach seiner Meinung eine Osmose von außen nach innen und von innen nach außen möglich. (4)

Chemische Untersuchungen der Barriere ergaben einen hohen Gehalt an wasserlöslichen, stark hygroskopischen Substanzen. Diese machen etwa 42 % des Barriere-Gewichtes aus und bestehen zum großen Teil aus Aminosäuren und Purinderivaten. Außerdem wurden noch Harnstoff und nukleogene Pentosen nachgewiesen. (6a)

Den wichtigsten Bestandteil der Barriere bilden nach Szakall (5) die Barriere-Lipoide, die 2/3 bis 3/4 der gesamten Hornschicht-Lipoide ausmachen. Die Funktion dieser Lipoide beruht auf der Hemmung des Wasserdurchtritts durch die Barriere. Ein Teil der Lipoide, besonders die Sterole werden kurz vor der Verhornung im Str. spinosum gebildet. Teilweise werden diese Sterole am Ort in Vit. D umgewandelt, ein anderer Prozentsatz ist als Cholesterol in der Barriere vorhanden und sichert die Barrierefunktion und die Abdichtung des Körpers nach außen.

Eine Regeneration der Lipoide nach Extraktion in vivo mit Äther z.B. erfolgt sehr schnell; mit ihr verbunden ist auch eine schnelle Wiederherstellung der Barrierefunktion. Den Beweis für ihre Bedeutung erbrachte Szakall, (5) indem er die Barriere-Lipoide durch Äther extrahierte. Die Permeation von Wasser erreichte nach der Extraktion in vivo fast so hohe Werte wie ohne Barriere.

Bei anderen Versuchen, die sich mit der Wasseraufnahme der Haut befassen, hat sich außerdem gezeigt, daß Erwärmung der Haut die Wasseraufnahme beschleunigt, durch Abkühlung dagegen ihre Geschwindigkeit herabgesetzt wird.

Aus dieser Tatsache läßt sich schließen, daß es außer der in der Epidermis gelegenen Barriere noch eine zweite zwischen der Hautoberfläche und den Blutgefäßen geben muß, die für die Temperaturabhängigkeit der Wasserbewegung durch die Haut verantwortlich ist. (6b) - Szakall entfernte außerdem die Barriere einmal durch Extraktion der Lipoide, zum anderen durch die Abrißmethode mit Klebestreifen. In beiden Fällen stieg aber die Wasserpermeation nicht über einen Maximalwert von 13 mg/100 cm²/min. an. Auch diese Tatsache spricht für die Existenz einer zweiten Barrierefunktion in der Cutis. (5)

Welche Möglichkeiten für die Wasseraufnahme in die Haut bzw. für den Durchtritt des Wassers durch die Haut in den Organismus ergeben sich nun aus dem funktionellen und strukturellen Aufbau des Organs?

Da es sich dabei um sehr komplexe Vorgänge handelt, die nicht immer von einander getrennt werden können, weichen auch die Nomenklaturen für ein und denselben Vorgang von einander ab.

Übereinstimmend mit den meisten Autoren gelten folgende Definitionen: Die Aufnahme von Wasser in die Haut soll als Absorption und durch die Haut in den Organismus als Resorption bzw. Penetration bezeichnet werden. (13) Permeation bedeutet im Gegensatz zu Resorption bzw. Penetration nach Schneider (7) ein Eindringen von Wirkstoffen, also auch von Wasser, in die Haut, das nicht mit einer

Aufnahme in das Gefäßsystem verbunden ist bzw. verbunden sein muß.

Der Prozess der Wasseraufnahme setzt sich aus drei Komponenten zusammen, der Benetzbarkeit, der Quellung und der aktiven Diffusion, die jeweils an ein anatomisches Substrat gebunden sind.

Daß die Oberfläche der Haut nicht trotz, sondern wegen ihres Fettmantels benetzbar ist, beweist die Beobachtung, daß die fette Haut eines Seborrhoikers besser benetzbar ist als die fettarme des Ichthyotikers. Außerdem zeigte es sich, daß das reine, seines Fettüberzuges beraubte Keratin sich als absolut hydrophob verhält. (7)

Die Benetzung ist demnach abhängig vom Zustand des Lipid-Wassersystems der Haut, denn die Hornschicht ist durchtränkt von den Hautlipiden; das sind wachsartige Produkte und nur zum geringen Anteil hydrophobe Triglyceride. Diese beiden Faktoren werden bezüglich der Wasseraufnahme - vergleichbar einem Puffersystem - gesteuert und gefördert durch benetzungsfördernde Faktoren, die heute im anglo-amerikanischen Schrifttum "natural moistening factor" (N.M.F.) genannt werden. Mit diesem Begriff werden wasserlösliche Inhaltstoffe der Haut wie Proteine, Mukopolysaccharide und Aminosäuren zusammengefaßt. (8)

Erst wenn die Benetzung voll erfolgt ist, kann Wasser in die Haut selbst eindringen und dort die sog. Quellung herbeiführen.

Diese Quellung ist wesentlich mitbestimmend für einen Wasseraustausch in beiden Richtungen. Sie ist abhängig vom Wassergehalt der Haut und der Mächtigkeit des Str. corneum disjunctum. Peiss und Mitarbeiter (9) fanden in ihren Versuchen, daß die Initialbeträge des von der Haut aufgenommenen Wassers an der Handfläche mit dicker Hornschicht größer waren als am Unterarm, an dem das Str. disjunctum wesentlich dünner ist. Nimmt die Haut mehr Wasser auf als ihrem Normalzustand entspricht, so verändert sie als Organkolloid ihre Form, sie dehnt sich aus. (3)

Für diesen Quellungsvorgang bestehen drei Theorien: Die Quellung ist einmal abhängig vom pH-Wert, was dadurch bewiesen erscheint, daß durch alkalische Lösungen die Haut stärker gequollen wird als durch neutrale oder saure. Das beruht wahrscheinlich darauf, daß die aus Eiweiß aufgebauten obersten Keratinschichten gegen saure Agenzien chemisch widerstandsfähiger sind.

Als weitere wird eine Hydratationstheorie angegeben. Nach ihr sind die ionogenen Stellen der riesigen Proteinmoleküle fähig, Wasserstoff- und Hydroxylionen zu binden, während die von polarisierten Wassermolekülen umgebenen Gegenionen im Inneren der Keratinschicht festgehalten werden, und diese durch ihre Wasserhülle dehnen.

Die dritte Theorie stützt sich auf eine elektrolytische Abstoßung. Vom Polypeptidmolekül sollen H^+ und OH^- Ionen aufgenommen werden, wodurch diesem eine gleichsinnige positive oder negative Ladung erteilt wird. Sie stoßen sich gegenseitig ab und saugen in die entstandenen Zwischenräume Quellungswasser ein.

Dieser Vorgang der Quellung vollzieht sich vorwiegend im Str. corneum dis-

junctum.

Wenn die Quellung ein bestimmtes Maximum erreicht hat, beginnt der Prozess der eigentlichen Resorption bzw. Penetration, die Mali (12) als aktive Diffusion bezeichnet.

Als Diffusion ist diese Penetration abhängig vom Dampfdruckgradienten, d. h. von der Differenz zwischen Wasserdampf-sättigungsdruck bei Hauttemperatur und Dampfdruck an der Hautoberfläche. - Liegt der Dampfdruck an der Hautoberfläche unter einem bestimmten Grenzwert (20 mm Hg) so tritt ein Wasserverlust durch die Haut ein, die *perspiratio insensibilis*. Beim Anstieg des Umgebungsdampfdruckes auf etwa 20 mm Hg kommt der Diffusionsprozess zum Stillstand, während bei höheren Dampfdrücken eine Richtungsänderung eintritt, und nennenswerte Mengen Wasser von der Haut aufgenommen werden, die im allgemeinen, je nach der Bestimmungsmethode, Werte zwischen 20 bis 40 g/m² Körperoberfläche und Stunde erreichen. (10)

Der Diffusionswiderstand liegt in der Barriere selbst, für deren Mechanismus Flesch und Buettner eine "Wasserpumpe" annehmen. Ein Pumpvorgang reichert Wasser außerhalb der Epidermiszellen, also in dem von Szakall angegebenen Faltensystem der Barriere entgegen dem osmotischen Gefälle an und saugt so gewissermaßen das Wasser aus den Zellen in die Gewebslücken dieser Schicht an, um es von dort, je nach dem Ort geringerer Wassersättigung, nach innen oder außen weiterzugeben. (1)

Dieser Pumpmechanismus und die hohen Resorptionswerte, die auch bei hohen äußeren Dampfdrücken an der Hautoberfläche nicht allein durch einen reinen Diffusionsvorgang erklärt werden können, müssen auf einer spezifischen Leistung des Organs beruhen; deshalb sprechen einige Autoren von aktiver Diffusion.

Beobachtungen von Szakall (5) deuten darauf hin, daß bei der Wasserresorption durch die Haut osmotische Diffusionsvorgänge beteiligt sein müssen. Denn die Haut nimmt selbst aus Lösungen, die mit Seewasser isotonisch sind, Wasser auf. Daß konzentriertere Lösungen der Haut auch Wasser zu entziehen vermögen wird von Buettner angegeben (11) von Szakall widerlegt. (5)

Das Verhältnis zwischen der Konzentration der Salzlösungen und der Wasserdurchtrittsmenge erweist sich als linear; und die Art der gelösten Stoffe (NaCl, KCl, oder auch Zucker) ist ohne Einfluß.

Die Diffusion wird außerdem bedeutend mitbestimmt von osmotisch aktiven, wasserlöslichen Inhaltsstoffen der Hornschicht. Diese Substanzen stammen aus den Kernen der lebenden Epidermiszellen, die bei ihrem Abbau während der Verhornung zunächst die Keratohyalinkörner bilden. Beim Übergang in das Str. lucidum wird deren Inhalt aber gleichmäßig in den Hornzellen verteilt. (3b) Szakall versuchte diese nukleogenen, wasserlöslichen Stoffe als Extrakte zu isolieren. Ihre Menge in der Pars conjuncta strati cornei beträgt 42 % des Trockengewichtes und nimmt beim Übergang in die Pars disjuncta allmählich ab. Die Extrakte bestehen aus freien Aminosäuren, Purinkörpern, Hexosen, Pentosen, Harnstoff und ihren

sekundären Umwandlungsprodukten. (5)

Befunde von Szakall (5) und Unna (4) deuten darauf hin, daß diese osmotisch aktiven Inhaltsstoffe bei Permeation von Wasser im Sinne einer Exosmose aus den Zellen herausdiffundieren können; Einstömungsgeschwindigkeit von Wasser in die Hornschicht und die Menge der herausdiffundierenden Inhaltsstoffe verhalten sich dabei proportional. Denn durch Endosmose des extrazellulären Wassers wird der Zellinhalt verdünnt, was wiederum die Exosmose von Inhaltsstoffen bewirkt. Dieser Vorgang ist beendet, sobald der Zellraum mit Wasser gefüllt ist; die Kapazität der Hornschicht ist damit erschöpft.

Welche Rolle die Lipide bei der Wasserpenetration spielen, ist noch nicht bekannt. Entfettet man die Haut gründlich mit Äther, dann wird nach Szakall (5) die Barrierefunktion aufgehoben. Ohne Lipide geht also der hemmende Einfluß der Barriere auf die Wasserdiffusion verloren, obwohl die wasserlöslichen Inhaltsstoffe vorhanden sind. Welcher Zusammenhang zwischen diesen beiden Stoffklassen besteht ist bisher noch unerforscht.

Solange das Str. corneum conjunctum der Haut erhalten ist, handelt es sich demnach nicht allein um eine Diffusion, sondern um ein Zusammenwirken mehrerer Komponenten, bei denen die Barrierefunktion dominant mitbestimmend ist.

Entfernt man dagegen die Barriere, dann kommt es zu einer echten, nur durch osmotische Kräfte betriebenen Diffusion vom Str. granulosum aus, wie durch Versuche von Szakall (5) an der barrierelosen Haut bewiesen wurde.

Für diese Resorptionsvorgänge durch die unverletzte Haut stehen drei Wege zur Diskussion: (6c)

Vorwiegend die transepidermale Penetration, also ein direkter Weg durch die Haut.

Als weiteres wird eine transfollikuläre Penetration diskutiert, eine Möglichkeit, bei der das Wasser, das in die Haarfollikelöffnung eindringt, einen Weg zur Cutis findet, der ihr nicht durch die epidermale Barriere versperrt ist. Er besteht in einem direkten Zugang zur Talgdrüse, deren Zellmembran nur einen sehr geringen Widerstand bietet. Möglich wäre dieser Weg, da Haarschaft und Talgsekret den follikulären Spalt im allgemeinen nicht ganz ausfüllen.

Als dritter Weg ist die Penetration durch die Schweißdrüsenausführungsgänge möglich, wie von Mali (12) beschrieben wurde. Er hat aber wahrscheinlich nur geringe Bedeutung, denn das Wasser kann zwar in die Porenbecher eindringen, gelangt aber kaum in die tieferen Zonen der Ausführungsgänge. Herrman und Mitarbeiter (14) schränken diese Behauptung ein mit der Begründung, daß während der Permeation infolge Wasseransammlung das Str. conjunctum anschwellt, sodaß die Schweißdrüsenausführungsgänge abgeklemt werden könnten. Hierdurch ist der Wassertransport durch die Schweißdrüsenkanäle erschwert oder unmöglich gemacht.

Zusammenfassend läßt sich über die Wasseraufnahme der Haut folgendes aussagen: es handelt sich um mehrere eng ineinander greifende Prozesse, die bestimmt werden von der Benetzungsfähigkeit, der Quellungsmöglichkeit und der Barrierefunk-

tion der Haut.

In ihnen sind mehrere komplexe Vorgänge enthalten, bei denen aktive Diffusion, elektrolytische Anziehung und Abstoßung, Kapillarkräfte, chemische Zwischenreaktionen und viele andere Reaktionen mitwirken, die in ihren Einzelheiten noch nicht alle erforscht und gedeutet sind, .

Durch diese verschiedenen Mechanismen und der anatomischen Struktur der Haut besitzt dieses Organ die Fähigkeit als wichtigstes Depotorgan des menschlichen Körpers für Wasser zu fungieren. Die dort speicherbaren und nach beiden Richtungen hin transportablen Wasservolumina sind größer als in jedem anderen Gewebe. (1c)

Trotz dieser Tatsachen sind die umsatzmäßig gemessenen Beträge an durch die Haut permeierendem Wasser so gering, daß man eher von einer Abdichtung des Körpers gegen eindringende Wassermengen sprechen kann.

ZUR THEMASTELLUNG

Bei dem Vergleich der quantitativen Angaben über die Wasseraufnahme der Haut beim Menschen, die von mehreren Forschern mit verschiedenen Methoden gewonnen wurden, ergeben sich folgende Werte: (aus der Arbeit 13 übernommen)

Autor	Methode	Wert
Buettner	Wasser-Gewichtsdiff. -Best.	5 μ 1/cm ² /h
Erlhöfer	Wägung d. Versuchsperson	4-5 μ 1/cm ² /h
Moog, v. d. Emden Angenitzky	Wägung d. Versuchsperson	3-4 μ 1/cm ² /h
Spitta	Wägung und Berechnung	3,5 μ 1/cm ² /h
Whitehouse, Hamcock und Haldane	Wägung d. Versuchsperson	3 μ 1/cm ² /h
Szakall	Wasser-Gewichtsdiff. -Best.	5,7 μ 1/cm ² /h

In dieser Zusammenstellung fällt auf, daß mit der Wasser-Gewichts-Differenz-Bestimmung von Buettner und Szakall höhere Werte registriert wurden als bei den übrigen Autoren, deren Methode die Wägung der Versuchsperson vor und nach dem Bade zugrunde liegt.

Die möglichen Fehlerquellen bei der Wasser-Gewichts-Differenz-Bestimmung könnten auf der Benetzung kleiner Hautareale (Buettner: Hand und Unterarm, Szakall: Fläche am Unterarm von 7,5 cm²) beruhen, und mit dem dadurch bedingten sog. Spreiteffekt erklärt werden, auf dessen Auftreten Szakall in seiner Arbeit (5) schon hingewiesen hat, und dessen Erforschung das Thema dieser Arbeit darstellt.

"Spreiten" bedeutete im ursprünglichen Wortsinn ausbreiten; übertragen auf den Mechanismus der Wasseraufnahme durch die Haut würde das besagen, daß nicht nur senkrecht zur Hautoberfläche Wasser von außen nach innen diffundiert, sondern daß auch eine seitliche Wasserbewegung auftritt, die kombiniert ist mit einer größeren Verdunstungsmöglichkeit.

Bezogen auf eine Normfläche - bei den Tabellenwerten 1 cm² - müßte dieser Spreiteffekt umso deutlicher in Erscheinung treten, je kleiner die Versuchsfläche gewählt wurde, wenn man annimmt, daß die Spreitung in einer linearen Beziehung zum Flächenquotienten steht.

Also müßte sich dieser Effekt bei den Versuchen von Szakall besonders stark bemerkbar machen, weil er die kleinste Benetzungsfläche von nur 7,5 cm² verwendete.

Wählt man nun die Ergebnisse Szakalls als Bezugswerte und führt die gleichen Versuche mit kleineren und größeren Badegefäßen durch, dann müßten umgerechnet auf eine konstante Fläche - in diesem Fall 100 cm² - die mit kleineren Gefäßen

durchgeführten Versuche größere und mit größeren Gefäßen kleinere Werte ergeben, als die mit dem Bezugsgefäß gewonnenen, wenn der Spreiteffekt eine Funktion der Benetzungsfläche darstellt.

VERSUCHSANORDNUNG

Die Menge des von der Haut aufgenommenen destillierten Wassers wurde durch Wägung mit einer Sartorius-Analysenwaage - kleinste Maßeinheit 0,1 mg - bestimmt.

Als Badegefäße dienten Wägegläschen mit eingeschliffenem Deckel, nur das Bezugsgefäß mit der Oberfläche von 7,5 cm² bestand, in genauer Anlehnung an die Versuche von Szakall, aus einer gut verschließbaren Plastikapsel.

Die Gefäße hatten folgende Maße:

F cm ²	0,95	2	4,9	7,5	9,5	11,3
Ø cm	1,1	1,6	2,5	3,1	3,4	3,75
h cm	2,9	3	3	3,5	2,6	4,5
aqua dest. ml	1	1,5	3	5	8	10

Die vorgegebene, auf Zimmertemperatur eingestellte Wassermenge in den verschiedenen Gefäßen wurde so gewählt, daß die Höhe der Wassersäule immer 1 cm betrug, wodurch der hydrostatische Druck pro Flächeneinheit konstant gehalten wurde.

Die Gefäße wurden geschlossen gewogen, geöffnet und von unten her mit geringem Druck an die volare Seite des Unterarmes gebracht. Durch eine Drehung des Armes um 180° kehrte sich die volare Unterarmseite nach oben, sodaß die zu prüfende Hautstelle mit dem vorgegebenen aqua dest. in Berührung kam. Der Arm wurde in ein Stativ gebracht, und das Gläschen durch eine Stativklemme mit konstantem Druck auf dem Arm gehalten.

Am Ende der jeweiligen Versuchszeit wurde der Unterarm aus dem Stativ herausgenommen, wieder um 180° gedreht, das Gefäß abgenommen, indem die Haut leicht mit dem Rand abgestrichen wurde, das Gefäß geschlossen und gewogen. Außerdem wurden die Versuchsstelle und der Gefäßrand unmittelbar nach dem Abheben mit einem Filter abgetupft, der vorher in einem zweiten geschlossenen Gefäß gewogen worden war. Seine Gewichtszunahme wurde bei der Berechnung des Wasserverlustes in Rechnung gestellt. Der ermittelte Wasserverlust wurde der Wasseraufnahme gleichgesetzt.

Die Wahl der Versuchszeiten wurde ebenfalls von Szakall (5) übernommen, und danach die Gefäße nach der 2., 7., 17., 37. und 67. Minute gewechselt. Szakall führt als Grund für diese Zeitwahl den Mechanismus der Wasseraufnahme an, denn bei der Berührung der Haut mit Wasser tritt in einer kurzen Initialphase zuerst vorwiegend eine Quellung der Haut auf. In dieser Phase wird die Menge des aufgenommenen Wassers im wesentlichen durch die Aufnahmekapazität der Hornschicht

bedingt. Nach Sättigung der Hornschicht mit Wasser stellt sich ein niedrigeres Niveau ein, das etwa der wahren Penetration durch die Barriere entspricht.

Für die ersten drei Versuchsserien wählte ich Badegefäße mit den Oberflächen von: 7,5, 0,95 und 11,3 cm², die jeweils fortlaufend im angegebenen Zeitwechsel auf die gleiche Stelle des volaren Unterarms aufgesetzt wurden, und erhielt dabei folgende Werte:

Wasseraufnahme der Haut in mg/100 cm²/min.

Benetzte Fläche 7,5 cm²

0.-2. 2.-7. 7.-17. 17.-37. 37.-67.
Minute

1. 24 J. weibl.	72	22	18,5	5,7	7,1
2. 24 J. weibl.	62	21,4	9,3	9,1	4,7
3. 26 J. weibl.	52,6	17,6	10,3	9,4	5,9
4. 32 J. weibl.	75	20,8	15,6	7,1	5,5
5. 25 J. weibl.	58,7	25,2	12,7	9,3	6,3
6. 25 J. weibl.	77,4	36,6	12,6	4,7	6,4
7. 25 J. weibl.	56,8	28,6	15,7	7,8	-
8. 25 J. weibl.	52,4	22,2	16,4	8,9	7,3
9. 24 J. weibl.	54,9	12,5	15,6	8	4,7
10. 24 J. weibl.	61,5	43,8	13,5	8,1	8,9
11. 26 J. weibl.	66,4	22	25,4	9,3	4,3
Mittelwerte M.	62,7	24,7	15	7,9	5,6

Wasseraufnahme der Haut in mg/100 cm²/min.

Benetzte Fläche 0,95 cm²

0.-2. 2.-7. 7.-17. 17.-37. 37.-67.
Minute

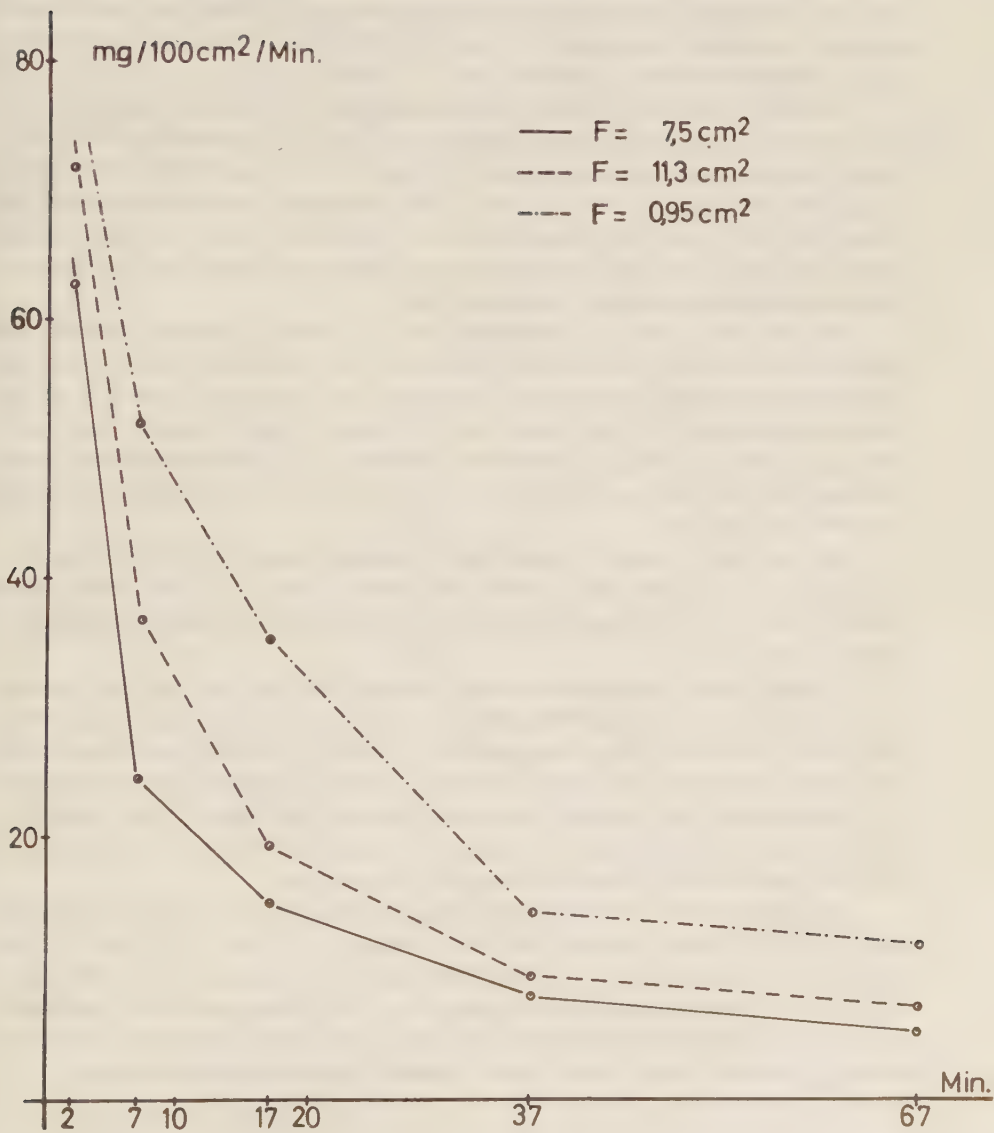
1. 24 J. weibl.	294	42,1	49,5	20	22,8
2. 24 J. weibl.	216	64,7	37,9	14,2	14,1
3. 26 J. weibl.	526	37,9	46,9	13,6	9,7
4. 32 J. weibl.	179	-	22,1	16,7	-
5. 25 J. weibl.	89,5	80	27,2	11	6,9
6. 25 J. weibl.	89,5	82	-	17,9	15,4
7. 25 J. weibl.	258	69,5	36,9	15,4	-
8. 25 J. weibl.	84,3	50,6	31,6	15,8	10,5
9. 24 J. weibl.	121	35,8	31,4	13,2	8,8
10. 24 J. weibl.	195	62	35,4	12,6	10,4
11. 26 J. weibl.	390	48	38,9	9,5	9,8
Mittelwerte M	222	52	35,7	14,5	12

Benetzte Fläche 11,3 cm²

0.-2. 2.-7. 7.-17. 17.-37. 37.-67.
Minute

1. 24 J. weibl.	95,5	48,2	22,5	-	8,1
2. 24 J. weibl.	91,5	28	16,2	8,4	6,4
3. 26 J. weibl.	54,5	38,7	16,4	8,3	6,4
4. 32 J. weibl.	43	29,2	28,4	10,1	-
5. 25 J. weibl.	73,5	28,6	-	8,3	7,1
6. 25 J. weibl.	-	54,6	17,3	11,8	5,8
7. 25 J. weibl.	51,5	25	14	9,1	5,3
8. 25 J. weibl.	97,9	32,5	-	6,1	5,9
9. 24 J. weibl.	91,2	31,6	-	10,1	10,2
10. 24 J. weibl.	-	37,2	25,6	9,8	10,4
11. 26 J. weibl.	70,1	53	17,8	16,3	8,8
Mittelwerte M	72,1	36,9	19,7	9,8	7,4

Wasseraufnahme der Haut ($\text{mg}/100\text{cm}^2/\text{min}$).



VERSUCHSERGEBNISSE DER ERSTEN VERSUCHSREIHE

Die graphische Darstellung der erhaltenen Mittelwerte zeigt erneut, - wie schon bei mehreren Autoren angegeben - daß die Wasserpermeation vorwiegend von zwei Komponenten bestimmt wird, der initialen Quellung, die sich in der graphischen Darstellung durch hohe Wasseraufnahmewerte - angegeben in $\text{mg}/100 \text{ cm}^2/\text{min.}$ - widerspiegelt und der daran anschließenden eigentlichen aktiven Diffusionsphase mit wesentlich niedrigeren Werten. Der Übergang von Quellung und eigentlicher Diffusion dürfte im Zeitbereich der 17. Minute liegen.

Vergleiche meiner Werte mit dem Bezugsgefäß von $7,5 \text{ cm}^2$ Oberfläche mit den Angaben Szakalls zeigen keine genaue Kongruenz. Während Szakall für die ersten Zeitabschnitte Mittelwerte von $39,6 \text{ mg}/100 \text{ cm}^2/\text{min.}$ für die ersten 2 und $19 \text{ mg}/100 \text{ cm}^2/\text{min.}$ für die folgenden 5 Minuten angibt, wurden bei meinen Versuchen mit $62,7 \text{ mg}/100 \text{ cm}^2/\text{min.}$ und $24,7 \text{ mg}/100 \text{ cm}^2/\text{min.}$ im Mittel wesentlich höhere Werte erreicht, während die Angaben für die darauffolgenden Zeitabschnitte in der Größenordnung übereinstimmen..

Die Ursache für dieses Mißverhältnis ließ sich nicht aufdecken. Geprüft wurde die Dichtigkeit meiner Gefäße durch mehrfaches Wiegen des gleichen Gefäßes in Abständen von 10 Minuten über einen Zeitraum von 60 Minuten, ohne daß ein Gewichtsverlust auftrat. Erklären ließen sich die höheren Werte eventuell durch auftretende Druckschwankungen in den ersten Minuten, da ich die vorgegebene Wassermenge nur auf Zimmertemperatur - ca. 23° C. - brachte und nicht wie Szakall auf 30° C. erwärmte.

Ein Vergleich meiner übrigen Werte untereinander zeigt, daß bei einer Benetzungsfläche von $0,95 \text{ cm}^2$ die Permeationswerte höher liegen als die des Bezugsgefäßes, was als ein Teilbeweis für das Auftreten eines Spreiteffektes angesehen werden kann.

Analog meiner obigen Behauptung hätten die Permeationswerte bei Verwendung von Gefäßen mit der größeren Oberfläche von $11,3 \text{ cm}^2$ kleiner werden müssen. Meine Versuche ergaben dagegen dieser Theorie widersprechend höhere Werte. Sie beruhen wahrscheinlich darauf, daß bei so großer Oberfläche kein absolut dichter Abschluß zwischen Hautoberfläche und Gefäßrand über eine längere Zeitdauer erreicht werden kann; und daß die obligaten Wasserverluste durch Verdunstung beim Gefäßwechsel bei der größeren Fläche mehr hervortreten.

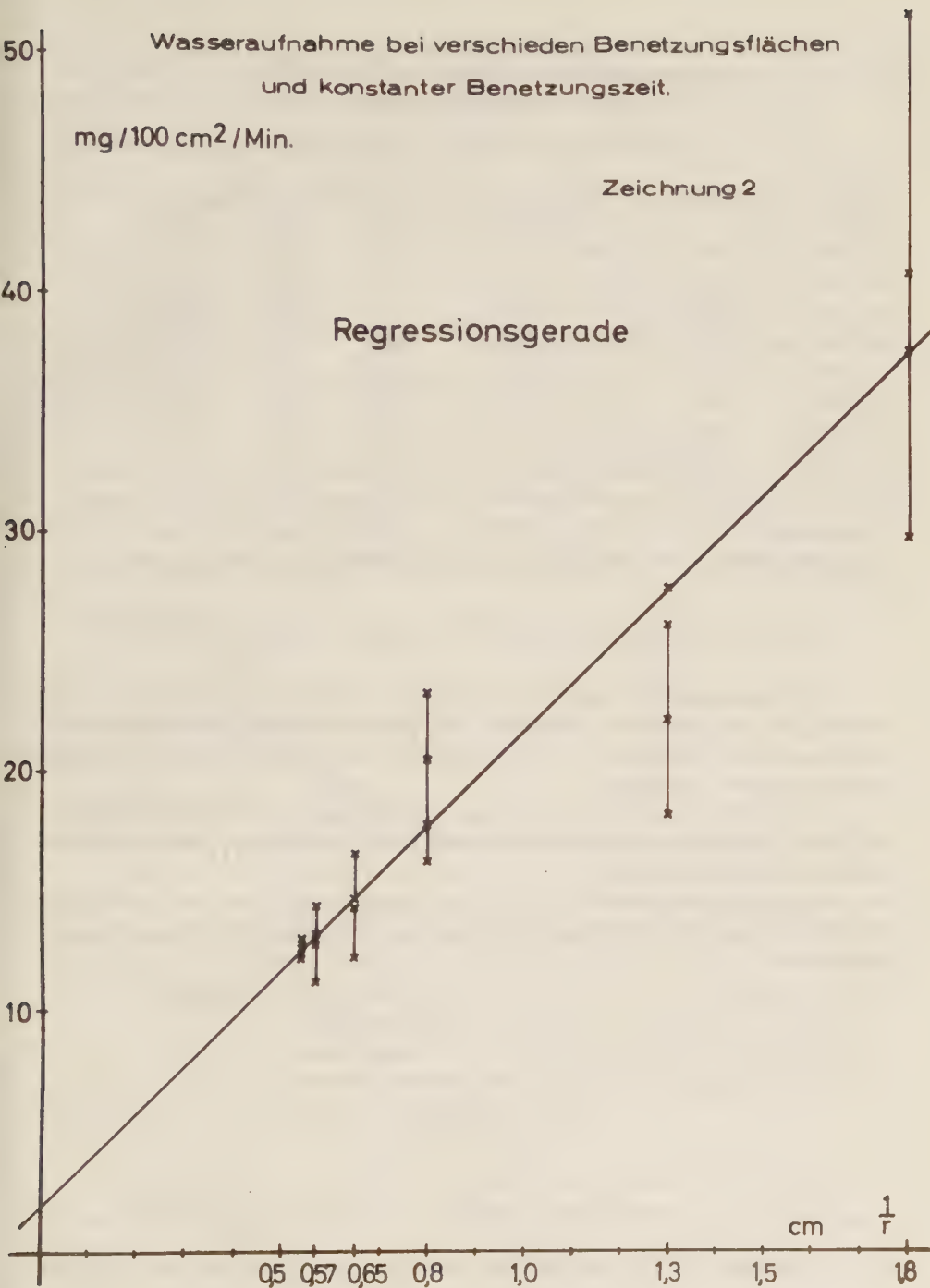
Um diese beiden Fehlerquellen auszuschalten, schloß ich eine Versuchsserie mit 6 Gefäßen unterschiedlicher Oberfläche ($0,95 \text{ cm}^2$, 2 cm^2 , $4,9 \text{ cm}^2$, $7,5 \text{ cm}^2$, $9,5 \text{ cm}^2$ und $11,3 \text{ cm}^2$) an bei einer konstanten Benetzungszeit von 17 Minuten. Die kurze Zeitwahl erwies sich am günstigsten, weil in ihr eine relativ gute Ruhigstellung des Versuchssarmes gewährleistet, und gleichzeitig der Beginn des Diffusionsvorganges zeitlich erfaßt wurde. Dabei wurden folgende Ergebnisse erzielt:

Wasseraufnahme bei verschiedenen Benetzungsflächen
und konstanter Benetzungszeit.

mg / 100 cm² / Min.

Zeichnung 2

Regressionsgerade



Wasseraufnahme der Haut in mg/100 cm²/min.
bei einer Benetzungszeit von 17 min.

0,95 cm² 2 cm² 4,9 cm² 7,5 cm² 9,5 cm² 11,3 cm²

1. 25 J. w.	31	16,5	20,2	11,7	10	14,4
2. 25 J. w.	26	26,4	19	13,6	15,5	11,2
3. 32 J. w.	35,4	22,4	20	22	12,2	14,3
4. 32 J. w.	27,3	29,5	19,8	14,5	16,2	10,2
5. 26 J. w.	70,5	28,3	28,2	14,3	9,6	11,6
6. 26 J. w.	70	32,6	27,8	15,6	10,8	13,8
7. 24 J. w.	51	13,8	18,4	15,8	13,3	13,2
8. 24 J. w.	23,6	15	13,9	14,4	15,3	14,3
9. 25 J. m.	34,1	13,9	22	11,8	11	9,1
10. 24 J. w.	40,3	23,6	15,9	11,2	13,7	14,2
Mittelwerte M	40,9	22,2	20,5	14,4	12,8	12,6

VERSUCHSERGEBNISSE DER ZWEITEN VERSUCHSREIHE

Die Ergebnisse beweisen eindeutig das Auftreten eines Spreiteffektes und seine Abhängigkeit von der Fläche, denn bei einer Benetzungsfläche, die kleiner ist als die Bezugsfläche, wurden höhere und bei einer größeren Benetzungsfläche niedrigere Permeationswerte gemessen.

Daß die Ergebnisse trotz des geringen Oberflächenunterschiedes im Rahmen des statistisch erforderlichen Genauigkeitsbereiches vergleichbar waren, ergab eine entsprechende Berechnung.

Bei der graphischen Darstellung wurden die Mittelwerte der Wasseraufnahme mit ihrem Streubereich gegen $1/r$ aufgetragen, denn nach der Formel für die Permeation

$$V = aF + 2\pi br$$

$$\text{ist } \frac{V}{F} = a + \frac{2\pi b}{F} r$$

$$= a + \frac{b' r}{r^2}$$

$$= a + \frac{b'}{r}$$

$$V \sim \frac{1}{r}$$

ist die Wasseraufnahme proportional dem Quotienten von r . Da sich das Verhältnis

V = aufgenommene Wassermenge

F = Benetzungsfläche

a = Diffusionsfaktor

b = Spreitungsfaktor

$$b' = \frac{2\pi}{r} \cdot r$$

von V und $\frac{1}{r}$ als linear erwies, errechnete ich die Regressionsgerade, um die im Streubereich liegende wahrscheinlichste Gerade zu erhalten.

Nach der obigen Formel gilt:

$$\text{wird } \frac{1}{r} = 0 \quad \text{dann ist}$$

$$\frac{V}{F} = a$$

Dieser Diffusionsfaktor a , der nach der graphischen Darstellung ca.

$1,8 \frac{\text{mg}}{100 \text{ cm}^2 \text{ cm}^2 \text{ min}}$ beträgt, läßt sich aus der Formel außerdem berechnen, wenn der Wert für den Spreitungsfaktor b bekannt ist.

$$a = \frac{V}{F} - \frac{b}{rF}$$

und beträgt im Mittel im statistisch errechneten Streubereich

$$0,8 \frac{\text{mg}}{100 \text{ cm}^2 \text{ cm}^2 \text{ min}} \pm 0,9$$

Der Spreitungsfaktor b entspricht dem $t_g \alpha = \frac{V}{\frac{1}{r}}$ und wurde wegen der vorhan-

denen Streuung statistisch als Regressions-Koeffizient nach der Formel

$$b = \frac{\sum x_i y_i - \frac{\sum x_i \cdot \sum y_i}{n}}{\sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n}} \quad \begin{array}{l} x_i = \frac{1}{r} \\ y_i = V \end{array}$$

mit dem Wert $19,6 \frac{\text{mg}}{100 \text{ cm}^2 \cdot \text{cm}}$ errechnet.

Die Werte für a und b gelten bei einer konstanten Benetzungszeit von 17 Minuten.

Der Wert des Spreitungsfaktors kann nur für die Versuchszeit von 17 Minuten gelten, bei einer kürzeren Benetzungszeit wird er voraussichtlich größer, bei einer längeren kleiner; denn in der kurzen Initialphase sind die Permeationswerte höher als zu Beginn der Diffusion in den angegebenen 17 Minuten. Dadurch wird der

Spreitungsfaktor b als $t_g \frac{V}{\frac{1}{r}}$ auch größer. Bei längerer Benetzungszeit werden

die Permeationswerte kleiner, also wirkt sich auch die Spreitung weniger aus, da

b als $t_g \frac{V}{\frac{1}{r}}$ kleiner wird.

Eine Aussage über die absolute Größe dieses Spreiteffektes läßt sich wegen dieser Zeitabhängigkeit aus meinen Versuchen nicht machen.

DISKUSSION

Meine Versuche haben bewiesen, daß die hohen Werte für die Wasserpermeation, die Buettner und Szakall mit der Gewichts-differenzmethode entwickelten, tatsächlich durch das Auftreten des Spreiteffektes zu erklären sind. Dieser ändert sich einmal mit der Zeit, d. h. er wirkt sich in der Initialphase der Wasseraufnahme mehr aus als während der reinen Diffusionsphase und ist außerdem proportional dem Flächenquotienten. Mit dieser Flächenabhängigkeit läßt sich auch die Diskrepanz zwischen den einzelnen Permeationswerten der oben angegebenen Autoren erklären. Szakall arbeitete mit der kleinsten Versuchsfläche von $7,5 \text{ cm}^2$ und erzielte die höchsten Permeationswerte von $5,7 \mu 1/\text{cm}^2/\text{h}$; Buettner badete Hand und Unterarm dessen Fläche mit ca. 1400 cm^2 angegeben wird und erreichte mit $5 \mu 1/\text{cm}^2/\text{h}$ Werte die zwischen den Werten Szakalls und der Autoren liegen, die die gesamte Versuchsperson badeten und damit von einer Versuchsfläche von ca. $16\,000 \text{ cm}^2$ ausgingen. Bei einer Benetzungszeit von 17 Minuten beträgt der Spreitungsfaktor $19,6 \frac{\text{mg}}{100 \text{ cm}^2 \cdot \text{cm}}$; seine absolute Größe, die außerdem noch von der Benetzungszeit abhängig ist, wurde nicht bestimmt; sie wäre eventuell als Korrekturfaktor für weitere Permeationsversuche mit kleinen Benetzungsflächen verwendbar.

Die Fehlermöglichkeiten meiner Versuche überschritten nicht die statistisch erlaubte Streubreite, und obwohl nicht in einer Klimakammer gearbeitet werden konnte, wurden annähernd gleichbleibende Bedingungen eingehalten.

Die Zimmertemperatur blieb mit ungefähr 22°C . nahezu konstant, und die vorgegebene Wassermenge wurde ebenfalls auf Zimmertemperatur gehalten.

Um beim Umwecheln der Gefäße und beim Wiegen keine zusätzliche Feuchtigkeit auf die Versuchsgefäße aufzubringen, wurde mit Gummihandschuhen gearbeitet. Unbeeinflussbar war die relative Luftfeuchtigkeit im Raum, die eventuell eine Fehlerquelle bei meinen Versuchen darstellen könnte.

Der Grund, warum bei Verwendung eines Versuchsgefäßes von 2 cm^2 Oberfläche Permeationswerte gemessen wurden, die außerhalb der Werte für die Regressionsgerade lagen, konnte zwar nicht geklärt werden, veranlaßte aber zur Berechnung der Druckänderung im Versuchsgefäß, während der Dauer eines Versuches unter theoretisch angenommenen Bedingungen. Danach ergaben sich folgende Verhältnisse im Badegefäß:

Unter der Annahme, daß das Volumen konstant sei folgt:

$$\text{Anfangszustand: } p_0 = p_i = p_a = e_0 + p_{L0} \quad (1a)$$

$$\text{Endzustand: } p_1 = p_i = e_1 + p_{L1} \quad (1b)$$

$$p_i = \text{Innendruck} = p_0, p_1$$

$$p_a = \text{Außendruck}$$

$$e_0 = \text{Wasserdampfdruck der Luft zu Beginn des Versuches}$$

$$e_1 = \text{Wasserdampfdruck der Luft am Ende des Versuches}$$

$$p_{L0} = \text{Partialdruck der Luft zu Beginn des Versuches}$$

$$p_{L1} = \text{Partialdruck der Luft am Ende des Versuches}$$

Die Änderung der Druckverhältnisse im Gefäß ergibt sich aus:

$$P_1 - P_0 = e_1 + p_{L1} - e_0 - p_{L0} \quad (2)$$

$$= e_1 - e_0 + (p_0 - e_0) (1 + \alpha t) - (p_0 - e_0)$$

da

$$p_{L1} = p_{L0} (1 + \alpha t) \quad (2. \text{ Gesetz von Gay-Lussac})$$

oder

$$p_{L1} = (p_0 - e_0) (1 + \alpha t) \quad (\text{für } p_{L0} \text{ aus (1a) eingesetzt})$$

somit wird:

$$P_1 - P_0 = e_1 - e_0 + (p_0 - e_0) \left[\frac{1 + \alpha t}{1} - 1 \right]$$

$$= e_1 - e_0 + (p_0 - e_0) \alpha t \quad (3)$$

Für t ist die Differenz der Mitteltemperaturen t_m zwischen Anfangs- und Endzustand einzusetzen.

Der Wasserdampfdruck der Luft e hängt von der tiefsten Temperatur im Gefäß $t_{\min}$ ab, der Partialdruck der Luft hingegen von der Mitteltemperatur t_m .

Beispiele: Wasser von Zimmertemperatur ca. 19°C .

Hauttemperatur ca. 32°C .

- 1.) Das Gefäß sei hoch - an der obersten Stelle erhalte sich die tiefste Temperatur vom Anfangszustand 19°C .

Anfangszustand: $t_{\min} = t_m = 19^\circ \text{C}$.

Endzustand: $t_{\min} = 19^\circ \text{C}$, $t_m = 25^\circ \text{C}$.

dann ist

$$P_1 - P_0 = 21,96 - 21,96 + (1013 - 21,96) \cdot \left(\frac{6}{273} \right)$$

$$= 991,04 \cdot 0,022$$

$$= \underline{21,8 \text{ mb}} = 22,2 \text{ cm WS}$$

- 2.) Auch die tiefste Temperatur an der äußersten, d.h. obersten Gefäßstelle, steige an

Anfangszustand: $t_{\min} = t_m = 19^\circ \text{C}$.

Endzustand: $t_{\min} = 23^\circ \text{C}$, $t_m = 25^\circ \text{C}$.

$$P_1 - P_0 = 28,086 - 21,96 + (1013 - 21,96) \cdot \left(\frac{6}{273} \right)$$

$$= 6,12 + 991,04 \cdot 0,022$$

$$= \underline{27,9 \text{ mb}} = 28,4 \text{ cm WS}$$

- 3.) Weitere Erwärmung insgesamt, d.h. steigende Mitteltemperatur

Anfangszustand: $t_{\min} = t_m = 19^\circ \text{C}$.

Endzustand: $t_{\min} = 23^\circ \text{C}$, $t_m = 28^\circ \text{C}$.

$$P_1 - P_0 = 28,086 - 21,96 + (1013 - 21,96) \cdot \left(\frac{9}{273} \right)$$

$$= 6,12 + 991,04 \cdot 0,032$$

$$= \underline{37,7 \text{ mb}} = 38,4 \text{ cm WS}$$

Bei allen drei, theoretisch angenommenen Versuchsbedingungen entsteht ein Überdruck in dem Badegefäß, zu dessen Abteilung in einigen Versuchen eine Kanüle

durch die seitliche Gefäßwand luftdicht eingebracht wurde, in der Annahme, daß zwar Luft durch die Kanüle entweichen aber kein Wasser zusätzlich verdunsten würde. Es ergab sich jedoch keine Änderung in den Permeationswerten, was einmal darauf schließen ließe, daß die Wasserpermeation unabhängig vom Überdruck im Gefäß ist, zum anderen aber darauf beruhen könnte, daß sich Kondenswasser in der dünnen Kanüle niederschlägt, und der Überdruck nicht entweicht.

Außerdem wurden einige Gefäße während der Versuchsdauer mit einem Föhn erwärmt und höhere Permeationswerte als mit dem Vergleichsgefäß erzielt. Die Kühlung des Versuchsgefäßes gab keine so eindeutige Erniedrigung der Permeationswerte.

Versuchsdauer 17 Minuten

Benetzungsfläche $7,5 \text{ cm}^2$

Werte angegeben in $\text{mg}/100 \text{ cm}^2/\text{min}$.

normal erwärmt

1. 24 J. weibl.	11,7	42	
2. 24 J. weibl.	13,6	66	(starke Erwärmung eventuell Arm mit erwärmt)
3. 30 J. weibl.	19,8	40	

Versuchsdauer 17 Minuten

Benetzungsfläche $11,3 \text{ cm}^2$

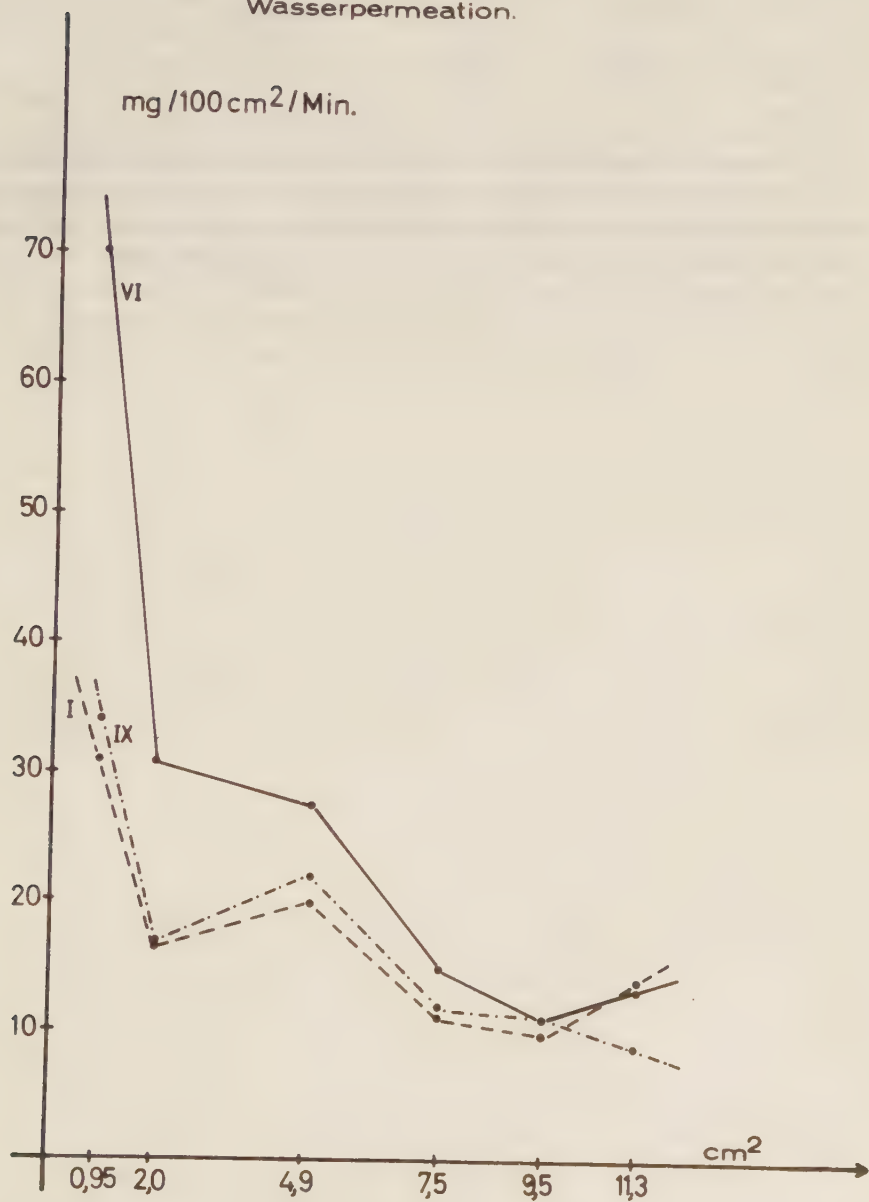
Werte angegeben in $\text{mg}/100 \text{ cm}^2/\text{min}$.

normal gekühlt

1. 24 J. weibl.	11,7	8
2. 24 J. weibl.	13,6	13,4

Bei der Betrachtung meiner gesamten Werte fiel auf, daß sich einige Versuchspersonen durch besonders hohe, andere durch niedrigere Permeationswerte während aller Versuche auszeichneten. Vergleicht man z.B. die Personen 6 und 9 bzw. 6 und 1 miteinander, so liegt erstere in fast allen Werten höher als die Vergleichsperson, was sowohl die Tabellenwerte als auch die graphische Darstellung zum Ausdruck bringen.

Persönliche Unterschiede in der
Wasserpermeation.



Versuchsfläche	Vers. Pers. 6	Vers. Pers. 1	Vers. Pers. 9
0,95 cm ²	70,0	31,0	34,1
2 cm ²	32,6	16,5	16,7
4,9 cm ²	27,8	20,2	22,0
7,5 cm ²	15,6	11,7	11,8
9,5 cm ²	10,8	10,0	11,0
11,3 cm ²	13,8	14,4	9,1

Genauere Untersuchungen über persönliche Unterschiede in der Wasserpermeation müßten unter genau konstanten Bedingungen in einer Klimakammer durchgeführt werden. Genauere Ergebnisse wurden am Balneologischen Institut von Herrn Erhard im Rahmen einer Dissertation erzielt. (Erscheinungsjahr 1966)

ZUSAMMENFASSUNG

Erforscht und bewiesen wurde das Auftreten des sog. Spreiteffektes bei der Bestimmung der Wasserpermeation durch die unversehrte menschliche Haut mit der Gewichts-differenzmethode.

Der Spreitungsfaktor ist linear abhängig vom Quotienten der Benetzungsfläche und ändert sich mit der Benetzungszeit.

Diskutiert wurden darüber hinaus die Druckänderungen, die während eines Versuches durch Temperaturänderungen im Badegefäß auftreten können. Die entsprechenden Berechnungen ergaben einen nennenswerten Druckanstieg.

Erhöhung der Außentemperatur während einer Versuchsdauer von 17 Minuten ergab außerdem eine Steigerung der Wasserpermeationswerte, während sich der gegenteilige Effekt beim Abkühlen des Badegefäßes nicht eindeutig beweisen ließ.

Diskutiert wurden außerdem die auffallenden persönlichen Unterschiede für die Wasserpermeationswerte bei den einzelnen Versuchspersonen.

LITERATURVERZEICHNIS

- 1.) Kühnau, J.: Im Handbuch d. Bäder- und Klimakunde
Herausgeber: W. Amelung u. A. Evers
Verlag: Friedr. Karl Schattauer, Stuttgart (1962)
Seite 219 f.
- 2.) Szakall, A.: Fette und Seifen 61, 774 (1959)
Über die Funktion des Strat. corneum conjunctum der Haut
als Wasserbarriere beim lebenden Menschen.
Die Rolle der Lipoide.
- 3.) Stüpel, H. u. Szakall, A.: Die Wirkung der Waschmittel auf die Haut.
A. Die menschliche Haut
I. Morphologie
Verlag: A. Hüthig, Heidelberg 1957
- 4.) Unna, PG: Biochemie d. Haut
Verlag: G. Fischer, Jena (1913)
zitiert nach 5
- 5.) Szakall, A.: Berufsdermatosen 6, 171 (1958)
Experimentelle Daten zur Klärung der Funktion der Wasser-
barriere in der Epidermis des lebenden Menschen.
- 6.) Grotton, H.A. u. Schönfeld, W.: In Dermatologie und Venerologie
Band I Teil I
Verlag: Georg Thieme, Stuttgart 1962
- 7.) Schneider, W.: Zeitschrift für angewandte Klima- und Bäderkunde 9,
617 (1962)
Wechselwirkung zwischen Haut und Wasser bzw. Badelösungen
- 8.) Tronnier, H.: Sonderdruck ärztl. Praxis XIII., 49, 4 (1961) Haut und Wasser
- 9.) Peiss, C.N., Randall, W., Hertzmann, AB.: J. invest. Dermatol. 27,
451 (1956)
The Transport of Water through the Human Epidermis
- 10.) Buettner, K.: J. appl. Physiol. 6, 229 (1953)
Diffusion of Water and Water Vapor through Human Skin.
- 11.) Buettner, K.: Fed. Proc. 20, 208 (1961)
- 12.) Mali, J.W.H.: J. invest. Dermatol. 27, 451 (1956)
The Transport of Water through the Human Epidermis

- 13.) Drexel, H., Dirnagl, K.: Arch. f. Physik. Therapie 3, 153 (1963) Experimentelle Ergebnisse zum Wassertransport im Bade.
- 14.) Herrman, F., SD Morill u. Marion B Sulzberger:
Hautarzt 9, 60 (1958)
Dyshidrosiforme Eruption und Schweißorgan.

LEBENS LAUF

Am 1. 7. 1939 wurde ich als zweites Kind meiner Eltern Carl Poiesz und Elisabeth Poiesz geb. Schweitzer in Steinheim/Westf. geboren.

Vom Herbst 1945 bis Ostern 1949 besuchte ich die Volksschule meines Heimatortes, um dann auf die dortige Realschule überzuwechseln, deren Ausbildungsmöglichkeit ich drei Jahre in Anspruch nahm.

Von Ostern 1952 bis Ostern 1955 besuchte ich das Neusprachliche-Mädchengymnasium in Büren als Internatsschülerin und schloß meine Schulzeit dann nach weiterer vierjähriger Ausbildung am Mädchengymnasium in Detmold im Februar 1959 mit Erlangung des Reifezeugnisses ab.

Im Sommersemester 1959 begann ich mein Medizinstudium an der Universität Würzburg, legte dort im Mai 1960 meine naturwissenschaftliche Vorprüfung ab und im August 1962 meine ärztliche Vorprüfung.

Im Wintersemester 1962/63 begann ich mein Studium der klinischen Fächer an der Universität München und schloß es mit der Ärztlichen Prüfung am 22. 12. 65 ab.

